

**KINETIKA ADSORPSI ZEOLIT HIJAU DAERAH CIDADAP,
TASIKMALAYA , JAWA BARAT TERHADAP LARUTAN ION
LOGAM CHROMIUM (VI)**

Murni Handayani & Eko Sulistiyono

Pusat Penelitian Metalurgi – LIPI

Kawasan Puspiptek, Gedung 470, Srpong, Tangerang, Banten

ABSTRACT

Chromium metal ion in solution is one the heavy metal which is many produced as industry waste., especially electroplating, textiles and dye industries. The heavy metal ion are toxic and they are as main pollutant for enviromental. Chromium metal ion in solution which has high concentration can be extracted by using usual precipitation process. Whereas chromium metal ion in solution which has very low concentration (in unit ppm) can be extracted by using certain method. This article explain performace of the green zeolite from Cidadap Tasikmalaya in adsorbtion process to chromium ion (IV) in solution with calculate adsorbtion speed by using Atomic Adsorbtion Spectroscopy (AAS) method. The performance result of the green zeolite can show at langmuir isotherm adsorbtion which equation $C_e/(x/m) = 2.3626-0.0181.C_e$, power adsorbtion is 55,25 mg Cr⁶⁺ / gram zeolit and maximal adsorbtion 19,28 %.

Kata Kunci : Ion logam Chromium, Zeolit, Metode AAS , Langmuir

PENDAHULUAN

Chromium merupakan salah satu logam yang banyak terdapat dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan pelapis logam maupun sebagai paduan logam. Banyak terdapat industri yang menggunakan kromium baik sebagi logam maupun dalam bentuk lautannya seperti industri pelapisan logam dan industri penyamakan kulit. Industri tersebut menghasilkan limbah dalam bentuk chromium ion yang terbuang dalam lingkungan. Dalam industri limbah chromium biasanya diolah dalam unit pengolahan limbah milik industri sebelum di buang ke lingkungan. Limbah industri yang mengandung ion kromium dalam onsentration tinggi dapat dipisahkan dengan menggunakan proses koagulasi.

Dalam proses koagulasi ini sebagian besar ion chromium dapat terambil sehingga konsentrasi, sehingga larutan limbah menjadi nampak jernih. Larutan tersebut mengandung Cromium dalam konsentrasi rendah

yaitu sekitar beberapa ppm tergantung proses pengolahan yang dilakukan oleh industri tersebut. Meskipun kadar chromium dalam limbah buangan rendah akan tetapi sifat dari ion logam chromium yang dapat terakumulasi oleh lingkungan dalam jangka panjang dapat berbahaya bagi lingkungan.

Oleh karena itu perlu dilakukan proses adsorpsi logam chromium dalam rangka menciptakan buangan limbah industri yang bersifat “ zero chromium”. Program “Zero Chromium “ ini akan lebih memberikan keamanan yang memadai bagi lingkungan. Oleh karena itu pada tulisan ini akan dipaparkan hasil percobaan pendahuluan proses adsorpsi ion logam chromium dengan menggunakan zeolit dari Cidadap, Kabupaten Tasikmalaya . Pada penelitian ini zeolit yang diambil berasal dari Desa Cidadap, Kecamatan Karangnunggal, Kabupaten Sukabumi, dengan mengambil zeolit yang berwarna hijau.

Dalam penelitian ini metode analisa yang digunakan adalah analisis AAS atau Atomic Adsorption Spectrofotometer. Metode AAS dipilih karena metode tersebut dapat digunakan untuk pengamatan pada konsentrasi yang sangat kecil yaitu ukuran ppm dan ppb. Dalam proses ini dilakukan terlebih dahulu standarisasi proses dengan menggunakan persamaan “ Langmuir “ untuk menentukan koefisien adsorpsi pada proses adsorpsi ion Chromium dan menentukan penyimpangan pada peralatan.

LIMBAH CHROMIUM

Chromium merupakan salah satu unsur yang terdapat dalam limbah industri yang dihasilkan dari industri penyamakan kulit dan elektroplating baik oleh industri besar maupun industri kecil. Pada umumnya industri elektroplating dan penyamakan kulit tersebut membuang limbahnya masih mengandung ion logam chromium dalam jumlah yang sedikit. Hal ini dapat diambil contoh dari Sungai Cisadane yang mengalir di Kota Tangerang memiliki kualitas air yang melibahi ambang batas yang diijinkan. Sungai Cisadane yang membelah kota Tangerang merupakan sungai yang mengalami pencemaran baik oleh industri maupun rumah tangga.

Baku mutu air permukaan di Sungai Cisadane hingga saat ini memiliki masalah yang cukup serius, ratusan meter kubik limbah industri

yang sebagian di antaranya termasuk golongan bahan beracun berbahaya (B3) terus saja dibuang ke Sungai Cisadane . Dengan demikian, air sungai yang menjadi air baku bagi PDAM di Kota dan Kabupaten Tangerang itu tercemar limbah dan mengandung unsur kimia beracun. Pada pengambilan sampel bulan Oktober 2002 dan bulan Mei 2004 oleh P.T. Unilab Perdana, rekanan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Tangerang Menunjukkan adanya pencemaran lingkungan. Uji analisis dari tujuh parameter menunjukkan sebagai berikut :

Tabel 1. Uji Laboratorium terhadap limbah yang dialirkan ke Sungai Cisadane

No	Parameter	Hasil pengujian (mg / lt)		Standart Baku Mutu
		Oktober	Maret	
1	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	56	900	20
2	Sianida (CN)	2,982	41,553	0,02
3	Chromium Total (Cr)	19,03	2,00	0,5
4	Chromium VI (Cr)	0,27	0,88	0,1
5	Tembaga (Cu)	48,91	28,38	0,6
6	Seng (Zn)	66,67	13,67	1,0
7	Nikel (Ni)	310	16,45	1,0

Sumber : P.T. Unilab , dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tangerang.

Dari Hasil uji kualitas air terlihat bahwa unsur Chromium dari Sungai Cisadane baik yang berupa Chromium valensi VI maupun yang lain telah melebihi ambang batas yang diijinkan. Dimana ambang batas yang diijinkan adalah 0,1 mg / liter tetapi kadar chromium VI sudah menunjukkan 0,2 s/d 0,88 mg / lt, kemudian chromium total ambang batas yang diijinkan adalah 0,5 mg / lt sedangkan kadar chromiumnya total mencapai 2,00 – 19,03 mgr / lt. Oleh karena itu jika air dari Sungai Cisadane tersebut digunakan sebagai baku mutu untuk keperluan air minum air dari sumngai tersebut harus diolah terlebih dahulu. Pengolahan air sungai Cisdadane sebagai baku mutu air minum diperlukan proses penghilangan unsur chromium.

PROSES ADSORPSI

Proses pengolahan penghilangan chromium yang efektif adalah dengan menggunakan proses adsorpsi zeolit. Proses adsorpsi zeolit adalah menyerap ion chromium dalam air dengan media batu zeolit yang mampu menbangkat ion chromium tanpa adanya proses bahan kimia. Proses Adsorpsi Zeolit adalah prosaes peresapan ion chroiium oleh zeolit, dimana ion chroiium tersebut masuk ke dalam rongga antar atom zeolit yang terbentuk jika zeolit diaktivasi. Ion chromium yang terjebak dalam rongga molekul zeolit dapat terpisah dari larutan. Sehingga ion chromium dalam zeolit dapat terambil dan akhirnya konsentrasi chromium dalam larutan akan jauh berkurang.

Dalam proses adsorpsi ini zeloit dalam menyerap ion chromium memiliki batas ambang penyerapan sehingga dalam kondisi tettentu zeolit sudah tidak mampu untuk menyerap. Oleh karena itu dalam proses penyerapan dengan menggunakan zeolit selalu diperhitungkan daya serap zeolit dibandingkan dengan konsentrasi air masuk dan konsentrasi baku mutu yang diinginkan. Kondisi titik jenuhg zeolit dalam menyerap ion logam tertentu dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain :

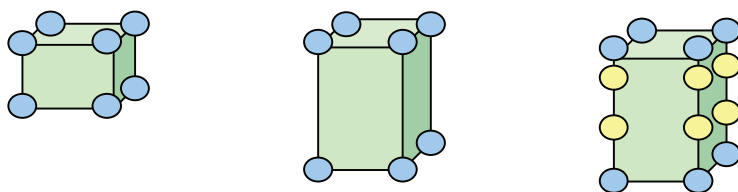
1. Ukuran rongga yang terdapat dalam molekul zeolit, dimana semakin longgar ukuran rongga maka daya serap zeolit semakin besar. Ukuran rongga zeolit dipengaruhi oleh proses aktivasi dan karakteristik dari zeloit itu sendiri.
2. Ukuran molekul yang akan diserap oleh zeloit, dimana semakin kecil ukuran molekul maka semakin semakin mudah untuk diserap oleh zeolit. Sehingga kemampuan zeloit dalam menyerap ion logam berat relatif lebih kecil dibandingkan dengan daya serap zeolit terhadap ion yang lain seperti ammonia.
3. Jenis dan susunan molekul yang terdapat dalam zeolit berpengaruh pula terhadap daya serap ion logam tertentu. Sehingga masing-masing zeolit mempunyai kegunaan pada ion tertentu yang dapat diserap.

Dari kenyataan tersebut diatas maka mulai diciptakan zeolit sintetis yang berasal dari bahan bukan zeolit yang diproses dengan teknologi tertentu menjadi bahan zeolit. Seiring dengan perkembangan teknologi telah banyak tercipta zeolit sintetis dengan kualitas yang baik, bahkanb

mampu menyerap unsur radioaktif dalam ion tertentu. Zeolit sintertis sintetis pada awalnya dibuat dari bahan silika, alumina dan diproses pada temperatur tertentu dengan bahan imbuhan tertentu diperoleh zeolit berbasis silika dan alumina.

Pada penelitian ini akan diteliti zeolit alam dari Desa Cidadap, Kecamatan Karangnunggal, Kabupaten Tasikmalaya. Zeolit tersebut telah banyak dieksploitasi oleh masyarakat sekitar yang dijual kepada pihak tertentu untuk digunakan dalam aplikasi pertanian dan perikanan. Zeolit tersebut dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas air tambak dengan cara menyerap amoniak dalam perairan tambak yang dapat meracuni udang.

Mekanisme adsorpsi zeolit dalam menyerap ion adalah zeolit pada awalnya secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :



Sebelum Aktivasi

Setelah Aktivasi setelah Proses Adsorpsi

Gambar 1. Gambaran sederhana mekanisme adsorpsi

METODE PENELITIAN

Untuk melakukan kegiatan penelitian pengujian daya adsorpsi zeolit hijau dari Cidadap, Kecamatan Karangnunggal, Kabupaten Tasikmalaya dilakukan serangkaian tahapan penelitian. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. **Penyiapan Zeolit.** Pada penelitian ini dilakukan proses adsorpsi ion logam chrom valensi VI dengan zeolit yang diambil dari daerah Cidadap, Kecamatan Karangnunggal, Kabupaten Tasikmalaya. Zeolit yang dipilih adalah zeolit warna hijau yang diambil dari beberapa titik penambangan. Pada penelitian ini dipilih zeolit hijau sebagai awal kegiatan penelitian karena zeolit tersebut terbukti memiliki kualitas bagus. Kemudian pada langkah penelitian selanjutnya digunakan zeolit dengan kualitas yang lebih rendah seperti zeolit putih.

2. **Preparasi Zeolit.** Setelah dilakukan proses pemilihan zeolit dari Desa Cidadap, Kecamatan Karangnunggal Kabupaten Tasikmalaya maka langkah berikutnya adalah proses perlakuan zeolit. Zeolit alam tidak dapat langsung digunakan karena pori-pori zeolit rapat sekali sehingga tidak dapat dimasuki ion yang lain, oleh karena itu dilakukan proses preparasi. Preparasi zeolit alam dilakukan dengan pemanasan/aktivasi sehingga molekul air dapat keluar untuk menciptakan rongga antar molekul. Preparasi dilakukan pada penelitian ini adalah sekitar 150°C dan ukuran butiran sampel zeolit adalah #50 mesh.
3. **Penyiapan AAS.** Setelah diperoleh zeolit yang teraktivasi maka langkah berikutnya adalah pengukuran dengan peralatan AAS untuk melakukan analisis ion chromium VI dalam larutan. Dalam penyiapan AAS ini salah satunya adalah pembuatan larutan standar chromium VI dalam berbagai konsentrasi yaitu konsentrasi 0.5 ppm, 5 ppm, 10 ppm dan 15 ppm sebanyak 4 buah larutan standart. Kemudian larutan standart tersebut masing masing dianalisis dengan AAS sehingga diperoleh peak-peak data.
4. **Pembuatan Grafik Lang Muir.** Setelah dilakukan proses penyiapan bahan baku dengan mengukur larutan standart chromium VI maka diperoleh peak-peak data. Peak data tersebut kemudian disusun dalam grafiks dengan bantuan Microsoft Exel. Dari gambar grafis tersebut selanjutnya diperoleh garis ekstrapolasi berupa garis lurus dengan persamaan Langmuir. Persamaan garis dihitung dengan menggunakan program Microsoft Exel diperoleh persamaan dengan margin penyimpangan pada angka tertentu yang merupakan korelasi dari ketelitian alat.
5. **Proses Adsorpsi.** Dilakukan proses adsorpsi yaitu memasukkan zeolit yang telah diaktivasi dalam larutan yang mengandung ion Chromium. Idealnya larutan yang diujikan pada zeolit tersebut adalah larutan yang berasal dari limbah industri atau sungai yang tercemar. Dalam penelitian ini, adsorpsi zeolit terhadap larutan ion chromium dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium menggunakan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Disiapkan larutan ion Chromium dengan kandungan beberapa konsentrasi yaitu 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm dan 20 ppm.

Masing-masing larutan tersebut ditambahkan dengan zeolit sebanyak 0.5 gram dan diaduk dengan stirer selama 30 menit, kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh diukur dengan alat AAS model Analytik Jena novAA 300 pada panjang gelombang 357.9 nm, EHT 345 V, current 6.0 mA. Hasil pengukuran dalam satuan mg/L (ppm).

6. **Analisis Data.** Dilakukan kegiatan analisa data dengan menggunakan perhitungan grafiks langmuir untuk mengolah peak yang muncul dalam analisis AAS terhadap larutan uji yang telah diadsorpsi maupun sebelum diadsorpsi. Dengan menggunakan perhitungan Langmuir diperoleh hasil maksimal adsorpsi.

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adsorpsi maksimal dari zeolit hijau daerah Cidadap terhadap larutan ion chromium dengan menggunakan metode persamaan isotherm Langmuir. Sebelum dilakukan uji adsorpsi maka dilakukan pembuatan kurva kalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan larutan standar ion Chromium untuk mengetahui hubungan absorbansi terhadap konsentrasi ion Cr^{6+} . Kalibrasi dilakukan dengan mengukur larutan standart 0.5 ; 5; 10 dan 15 ppm. Tingkat kelinieran kurva diketahui dari alat AAS yaitu ditunjukkan dengan harga $R^2 : 0.97 \%$. Angka R^2 semakin mendekati angka 1 berarti kurva kalibrasi semakin linier dan semakin akurat untuk pengukuran konsentrasi sampel. Hasil pengukuran kurva kalibrasi ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Absorbansi hasil pengukuran AAS

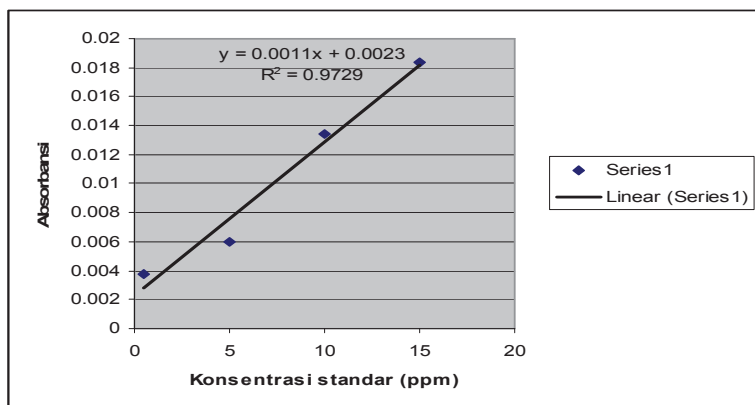
No	Standard (ppm)	Absorbansi
1	0.5	0.00378
2	5	0.00602
3	10	0.0134
4	15	0.01838

Dari tabel 1 diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$y = 0.0011x + 0.0023 \quad R^2 = 0.9729$$

Dimana y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi larutan standart.

Dari tabel 1 akan menghasilkan grafik dari kurva kalibrasi yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva kalibrasi

Hasil kalibrasi ini dapat digunakan untuk pengukuran sampel larutan ion chromium yang telah diadsorpsi oleh zeolit. Hasil pengukuran menggunakan AAS akan diperoleh data berupa konsentrasi ion Cr^{6+} dalam satuan mg/L (ppm). Hasil ini merupakan konsentrasi ion Cr^{6+} setimbang (Ce), bukan konsentrasi ion Cr^{6+} yang teradsorpsi. Konsentrasi ion Cr^{6+} yang teradsorpsi oleh zeolit dihitung dengan mengurangi konsentrasi ion Cr^{6+} awal dengan konsentrasi ion Cr^{6+} setimbang, atau bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$C_{\text{adsorp}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{setimbang}}$$

Data prosentase adsorpsi zeolit hijau terhadap ion chromium hasil pengukuran AAS seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Prosentase ion Chromium yang teradsorpsi oleh zeolit

No	Cr^{6+} awal (ppm)	Cr^{6+} setimbang, Ce (ppm)	Cr^{6+} teradsorpsi (ppm)	% adsorpsi
1	5	4.11	0.89	17.82
2	10	8.15	1.85	18.50
3	15	12.13	2.87	19.13
4	20	16.14	3.86	19.28

Dari tabel di atas terlihat bahwa untuk ion Cr^{6+} dengan konsentrasi 5 ppm teradsorpsi 17.82 %, untuk ion Cr^{6+} dengan konsentrasi 10 ppm teradsorpsi 18.50 %, ion Cr^{6+} dengan konsentrasi 15 ppm teradsorpsi 19.13 %, sedangkan tingkat adsorpsi maksimal zeolit terhadap ion Cr^{6+} adalah 19.28 % pada konsentrasi ion Cr^{6+} 20 ppm. Data prosentase ini

menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ion Cr^{6+} maka adsorpsi zeolit juga akan semakin besar. Hal ini disebabkan dengan semakin tinggi konsentrasi ion Cr^{6+} , akan semakin banyak ion yang berinteraksi dengan rongga-rongga zeolit sehingga ion-ion tersebut akan lebih banyak terserap oleh zeolit dan sehingga tingkat adsorpsinya akan semakin besar. Untuk mengetahui kapasitas/daya adsorpsi maksimum dari zeolit hijau terhadap ion Cr^{6+} dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir dengan rumus sebagai berikut :

$$C_e/(x/m) = 1/ab + 1/a C_e$$

Dimana:

- Ce = konsentrasi ion Cr^{6+} dalam larutan setelah diadsorpsi
- x/m = massa ion Cr^{6+} yang diserap per gram zeolit
- b = parameter afinitas atau konstanta langmuir
- a = kapasitas/daya adsorpsi maksimum (mg/gram)

Pengujian daya adsorpsi maksimum dengan pola isotherm Langmuir dilakukan dengan membuat kurva $C_e/(x/m)$ versus C_e . Daya adsorpsi maksimum zeolit terhadap ion Cr^{6+} dapat diketahui jika memenuhi persamaan isotherm Langmuir yaitu dengan diperoleh harga $1/a$ dari persamaan di atas sehingga harga a yang merupakan daya adsorpsi dapat ditentukan. Harga $1/a$ akan diperoleh dari persamaan Langmuir yang merupakan slope (kemiringan garis) pada kurva $C_e/(x/m)$ versus C_e . Untuk menentukan persamaan isotherm Langmuir maka dihitung harga x/m dan $C_e/(x/m)$ seperti yang terlihat pada tabel 3 di bawah :

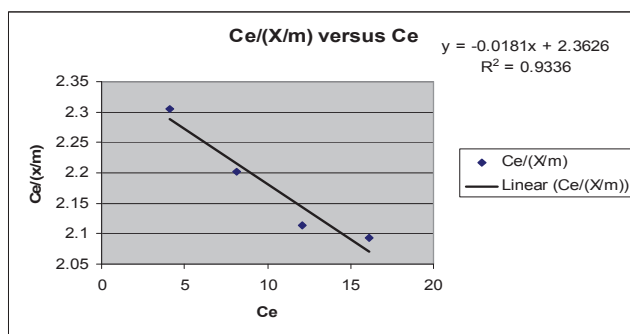
Tabel 3. Perhitungan harga x/m dan $C_e/(x/m)$

No	$C_{\text{Cr}^{6+}} \text{ awal}$ (ppm)	$\text{Cr}^{6+} \text{ setimbang}$ C_e (ppm)	$\text{Cr}^{6+} \text{ adsorp}$ (ppm)	X/m (mg/gr)	$C_e/(X/m)$
1	5	4.11	0.89	1.78	2.3058
2	10	8.15	1.85	3.70	2.2027
3	15	12.13	2.87	5.74	2.1132
4	20	16.14	3.86	7.71	2.0934

Harga $C_e/(x/m)$ yang diperoleh kemudian diplotkan dengan C_e yang akan menghasilkan persamaan isotherm Langmuir seperti pada Gambar 2. Dari

Gambar 2 terlihat bahwa persamaan adsorpsi zeolit terhadap ion Cr^{6+} memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir dengan $R^2 = 0.93$ ($R^2 \geq 0.9$). Kemudian persamaan langmuir tersebut dipetakan dalam bentuk grafiks dengan menggunakan program Microsoft Exel. Hasil dari pengembangan persamaan langmuir diperoleh garis lurus.

Garis lurus dalam kurva langmuir tersebut menunjukkan kinerja dari alat AAS dalam mengkalibrasi terhadap hasil analisa. Dengan melakukan kalibrasi ini memberikan jaminan seberapa besar ketepatan peralatan dalam melakukan analisis terhadap suatu sampel cairan yang mengandung ion logam tertentu. Kalibrasi penting karena adanya ketidakpastian dalam pengukuran gelombang cahaya yang dihasilkan dari proses penyalaan larutan sampel sehingga menghasilkan citra yang ditangkap oleh sensor.



Gambar 2. Persamaan adsorpsi isotherm Langmuir dari Ce versus $\text{Ce}/(x/m)$

Persamaan Langmuir yang diperoleh dengan rumus $y = -0.0181x + 2.3626$ atau $\text{Ce}/(x/m) = 2.3626 - 0.0181 \text{ Ce}$. Persamaan ini memiliki gradien $1/a = 0.0181$ dan memotong garis pada sumbu $1/ab = 2.3626$. Dengan diperoleh harga $1/a = 0.0181$ maka daya adsorpsi akan diperoleh. Dengan demikian daya adsorpsi zeolit terhadap ion Cr^{6+} adalah $a = 52.25$ mg ion Cr^{6+} /gr zeolit.

KESIMPULAN

1. Adsorpsi zeolit hijau daerah Cidadak terhadap ion Cr^{6+} memenuhi pola adsorpsi isotherm Langmuir dengan persamaan $\text{Ce}/(x/m) = 2.3626 - 0.0181 \text{ Ce}$.

2. Diperoleh daya adsorpsi zeolit terhadap ion Cr^{6+} sebesar 52.25 mg Cr^{6+} /gram zeolit dan tingkat adsorpsi maksimum sebesar 19.28 %.
3. Dengan daya serap tersebut ada kemungkinan pengembangan zeolit alam sebagai bahan untuk penetrasi limbah logam berat dengan kadar rendah menjadi aman dikonsumsi.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk peningkatan daya serap zeolit terhadap ion Cromium VI dengan menggunakan variabel yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tangerang , “ Laporan Kualitas Air Sungai Cisadane Rentang Waktu 2002 – 2004,” Hasil dari analisis P.T. Unilab Perdana, Jakarta.
2. Minceva M, Markovska L and Meshko V. 2007. Removal of Zn^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} from binary aqueous solution by natural zeolite and granulated activated carbon. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, Vol. 26; No. 2 : 125-134
3. Poerwadio, A D dan Masduqi A. 2004. Penurunan kadar besi oleh media zeolit alam ponorogo secara kontinyu. *Jurnal Purifikasi*, Vol.5, No.4 : 169-174
4. Ulfah E M, Yasnur F A dan Istadi. 2006. Optimasi Pembuatan Katalis Zeolit X dari Tawas, NaOH dan Water Glass Dengan Response Surface methodology. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 1(3) : 26-32